

中 华 人 民 共 和 国 国 家 标 准

GB/T 17491—2023/ISO 4409:2019

代替GB/T 17491—2011

液压传动 泵、马达 稳态性能的 试验方法

Hydraulic fluid power—Pumps, motors—Methods of testing steady-state
performance

(ISO 4409:2019, Hydraulic fluid power—Positive-displacement pumps,
motors and integral transmissions—Methods of testing and presenting
basic steady state performance, IDT)

2023-03-17发布

2023-10-01 实施

国家市场监督管理总局 发 布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 I

引言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号和单位 2

5 测试 2

 5.1 要求 2

 5.2 泵试验 4

 5.3 马达试验 6

 5.4 整体传动装置的试验 7

6 结果的表达 9

 6.1 通则 9

 6.2 泵的试验 9

 6.3 马达试验 10

 6.4 整体传动装置测试 10

7 标注说明 11

附录A（规范性）误差和测量准确度等级 12

附录B（资料性） 试验前核对清单 13

附录C（资料性）报告测试数据的建议格式 14

参考文献 19

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替GB/T 17491—2011《液压泵、马达和整体传动装置稳态性能的试验及表达方法》，与GB/T 17491—2011相比，主要技术变化如下：

- a) 更改了术语和定义(见第3章，2011年版的第3章)；
- b) 更改了符号和单位的规定(见第4章，2011年版的第4章)；
- c) 更改了管路内压力测量的要求(见5.1.1, 2011年版的5.1.1)，增加了管路内流量测量的要求(见5.1.1)，删除了“试验条件”，将其内容改为“注”(见5.1.1, 2011年版的5.1.3)；
- d) 增加了“试验用油液”的测试液规格(见表2)；
- e) 更改了试验回路图(见图1～图4, 2011年版的图1～图4)；
- f) 删除了“大气压力”(见2011年版的5.1.6)；
- g) 增加了“泵进口压力”(见5.1.7)；
- h) 删除了“试验测量”(见2011年版的5.1.9)；
- i) 测试结果中删除了“液压机械效率”(见2011年版的第6章)，增加了“环境温度”(见第6章)。

本文件等同采用ISO 4409:2019《液压传动 容积式泵、马达和整体传动装置 基本稳态性能的试验及表达方法》。

本文件做了下列最小限度的编辑性改动：

- 将标准名称改为《液压传动 泵、马达 稳态性能的试验方法》；
- 删除了单位“bar”“psi”以及对应的值；
- 删除了表1的脚注 a、b、c和表4的脚注b；
- 更改了ISO4391 注日期的引用方式，与第2章协调一致；
- ISO 4409:2019中 A.3 引用参考文献[1]错误，正确的是引用了参考文献[8]，因此将引用参考文献直接列出；
- 将温度单位“K”更改为“℃”，全文一致。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国液压气动标准化技术委员会(SAC/TC 3)归口。

本文件起草单位：北京华德液压工业集团有限责任公司、浙江大学、深圳市科斯腾液压设备有限公司、厦门大学、宁波市产品质量检验研究院(宁波市纤维检验所)、浙江永灵液压机械有限公司、四川航天烽火伺服控制技术有限公司、安徽佳乐建设机械有限公司、广州市华欣液压有限公司、四川川润液压润滑设备有限公司、西安立贝安智能科技有限公司、义乌源泰智能科技有限公司、北京机械工业自动化研究所有限公司。

本文件主要起草人：周宁、徐兵、王学国、叶绍干、郑智剑、吴坚锋、陈毅、余倡合、纪宁龙、刘松林、邓卫红、孙胜喜、焦玲、曹巧会、罗经。

本文件于2011年首次发布，本次为第一次修订。

引 言

在液压传动系统中，功率是借助于密闭回路中的受压流体来传递和控制的。泵是将旋转的机械功率转换成液压功率的元件。马达是将液压功率转换成旋转的机械功率的元件。整体传动装置(静液压驱动装置)是一个或多个液压泵和马达及适当的控制元件形成的一个装置。

除了极少数例外，所有液压泵和马达都是容积式的，即它们带有内部密封容腔，该密封装置使它们能在很宽的压力范围内保持转速与油液流量之间的相对恒定的比值。通常有齿轮、叶片或柱塞式结构。非容积式元件，如离心式或涡轮式，很少用于液压传动系统。

根据泵和马达的排量是否可调整，分为定量式或变量式。本文件旨在统一液压传动用容积式液压泵、马达和整体传动装置的试验方法，以便使不同元件的性能具有可比性。

液压传动 泵、马达 稳态性能的 试验方法

1 范围

本文件描述了液压传动用容积式泵、马达和整体传动装置性能的测定方法，包括在稳态条件下对试验装置、试验程序的要求和试验结果的表达。

本文件适用于具有连续旋转轴的容积式液压泵、马达和整体传动装置。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

ISO 1219-1 流体传动系统及元件 图形符号和回路图 第1部分：用于常规用途和数据处理的图形符号(Fluid power systems and components—Graphical symbols and circuit diagrams—Part 1: Graphical symbols for conventional use and data-processing applications)

注：GB/T 786.1—2021 流体传动系统及元件 图形符号和回路图 第1部分：图形符号(ISO 1219-1:2012, IDT)

ISO 4391 液压传动 泵、马达和整体传动装置 参数定义和字母符号 (Hydraulic fluid power-Pumps, motors and integral transmissions—Parameter definitions and letter symbols)

注：GB/T 17485—1998 液压泵、马达和整体传动装置参数定义和字母符号(idt ISO 4391:1983)

ISO 5598 流体传动系统及元件词汇 (Fluid power systems and components—Vocabulary)

注：GB/T 17446—2012 流体传动系统及元件 词汇(ISO 5598:2008, IDT)

ISO 9110-1 液压传动 测量技术第1部分：通用测量原理(Hydraulic fluid power—Measurement techniques—Part 1: General measurement principles)

注：JB/T 7033—2007 液压传动 测量技术通则(ISO 9110-1:1990, MOD)

ISO 9110-2 液压传动 测量技术 第2部分：在密闭回路中平均稳态压力的测量(Hydraulic fluid power—Measurement techniques—Part 2: Measurement of average steady-state pressure in a closed conduit)

ISO 11631 流体传动测量 规定流量计性能的方法 (Measurement of fluid flow—Methods of specifying flowmeter performance)

注：GB/T 22133—2008 流体流量测量 流量计性能表述方法(ISO 11631:1998, IDT)

3 术语和定义

ISO 4391 和 ISO 5598 界定的术语和定义适用于本文件。

ISO 和 IEC 在以下网址维护用于标准化的术语数据库：

——IEC 电子开放平台：<http://www.electropedia.org/>

——ISO 在线浏览平台：<http://www.iso.org/obp>

4 符号和单位

表1中列出的符号和标注符合ISO 4391。表1中所示的单位符合ISO 80000-1和ISO 80000-4。
表1中字母和符号的下标应符合ISO 4391。图1～图4中使用的图形符号应按照ISO 1219-1。
注：当没有歧义的风险时(即进行泵或马达试验),分别与泵、马达或整体传动装置数量相关的上标‘P’‘M’和‘T’可以省略。

表 1 符号和单位

物 理 量	符 号	单 位
体积流量	q_v	m^3s^{-1}
导出排量	V	m^3/r
转速	n	s^{-1}
转矩	T	$\text{N}\cdot\text{m}$
压力	p	Pa
功率	P	W
密度	ρ	kg/m^3
等温平均体积弹性模量	K	Pa
运动黏度	ν	m^2/s
温度	θ	$^{\circ}\text{C}$
体热膨胀系数	α	K^{-1}
总效率		
容积效率	η_v	
转速比	Z	

5 测试

5.1 要求

5.1.1 通则

设备安装时应防止空气混入，并应在试验之前从系统中排除所有游离空气。
被测元件应按照制造商的说明在测试回路中安装和操作，见附录B。
应记录测试区域的环境温度。
测试回路中应安装过滤器，以满足被测元件制造商规定的油液清洁度等级要求，并记录测试回路中使用的每个过滤器的位置、数量和型号。
在管路内进行压力测量时，应按照ISO 9110-1、ISO 9110-2的要求。
进行流量测量时，应按照ISO 11631的要求。
在管路中进行温度测量时，温度测量点应远离被测元件并距压力测量点2倍～4倍管子内径处。
图1～图4所示为基本回路，该回路中未设置当系统发生故障时防止系统损坏的安全装置。重要的是，应采取防止人员和设备受到伤害的安全措施。
注：测试之前进行“跑合”会对测试结果产生积极影响。

5.1.2 被试件的安装

被试件应按图1～图4给出的试验回路进行安装。

5.1.3 试验用油液

液压油的特性会影响泵和马达的性能。如果有关各方同意，任何一种液压油都可用于测试，但油液特性应按表2中列出的属性进行明确。如果两个元件进行试验对比，应使用相同的液压油。

表 2 试验油液规格

属性		标准	推荐	
黏度等级		ISO 3448	ISO VG 32	ISO VG 46
流体分类		ISO6743-4	HM	
流体规格		ISO 11158	ISO11158中表3	
其他要求	密度/(kg m ⁻³)	ISO3675	860～880	
	黏度指数	ISO2909	95～115	
	黏度调节	-	禁止使用其他黏度指数改进剂	
	抗磨调节	—	禁止使用其他抗磨剂	

5.1.4 温度

5.1.4.1 受控温度

测试应在规定的油液温度下进行。油液温度应在被测元件的进口处测量，并应在制造商建议的范围内。建议在50℃和80℃两个温度水平下进行测量。

试验油液的温度变化应在表3规定的范围内。

表 3 试验油液温度的允许偏差

测量准确度等级(见附录A)	A	B	C
温度偏差/℃	±1.0	±2.0	±4.0

5.1.4.2 其他温度

可记录以下位置的油液温度：

- a) 被试元件的出口处；
- b) 试验回路中流量测量点处；
- c) 泄油口(适用时)。

对于整体传动装置，上述某些温度可能无法测量。无法测量的温度应在试验报告中注明。

5.1.5 壳体压力

如果被试元件壳体內的油液压力可能影响其性能，应保持并记录的壳体油液压力值。

5.1.6 稳态条件

针对所选定的参数的受控值，采集的每组读数应仅在该受控参数的指示值处于表4中所示的范围

之内时才被记录。当控制参数在有效范围时，如果采集的读数是一组变化的值，应记录其平均值，建议在不低于1000 Hz 的采集频率下，最长采集时间不超过10 s。数据采集宜包括零排量和空载工况。
测试参数在表4的范围内被认为是稳定的。

表 4 所选定的参数的平均指示值的允许变化范围

参数	测量准确度等级允许变化范围 “ (见附录A)		
	A	B	C
转速/%	±0.5	±1.0	±2.0
转矩/%	±0.5	±1.0	±2.0
体积流量/%	±0.5	±1.5	±2.5
压力/Pa ($p < 2 \times 10^5 \text{Pa}$)	$\pm 1 \times 10^3$	$\pm 3 \times 10^3$	$\pm 5 \times 10^3$
压力/% ($p_e \geq 2 \times 10^5 \text{Pa}$)	±0.5	±1.5	±2.5
表中所列的允许变化指该指示仪器读数的偏差而不是仪器量程的误差范围(见附录A)。这些变化被用作稳态的指示指标，还用于表达具有固定值的参数图形结果的场合。在功率、效率或功率损失的任何后续计算中应使用实际指示值。			

5.1.7 泵进口压力

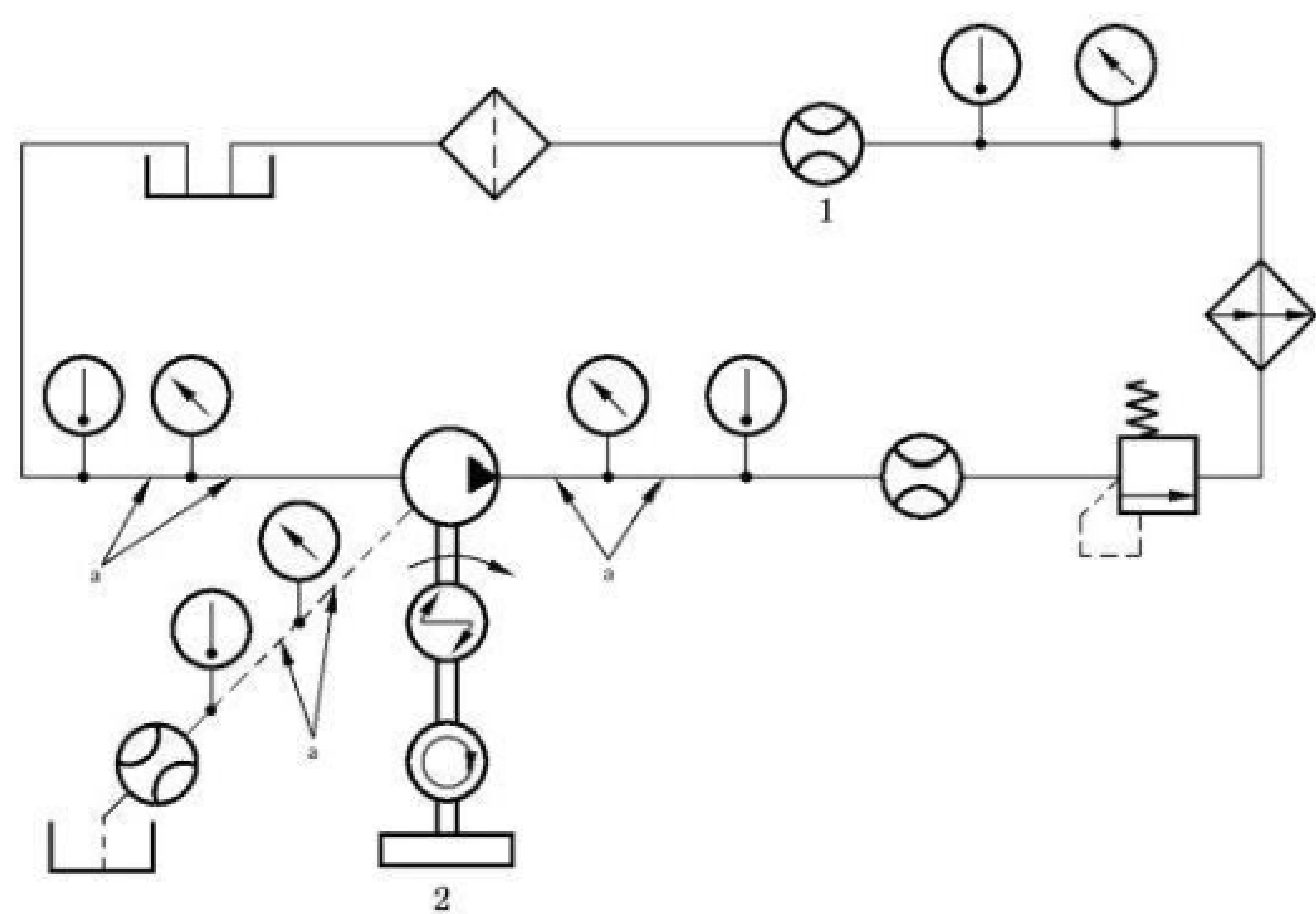
泵进口管路压力不宜超过25000 Pa。除非另有要求，泵在最大排量、额定转速时，泵进口压力应保持在大气压以上3386 Pa 范围内，能通过油箱液位或油液压力来控制。泵排量减小时，允许进口压力在要求范围内上升。在泵进口管路上游不少于20倍管内径处可安装截止阀。

5.2 泵试验

5.2.1 试验回路

5.2.1.1 开式试验

试验回路如图1所示，图中所示元件为试验回路必备元件。如果有进口加压要求，应在限定的范围内提供保压措施(见5.2.2)。如果使用可选位置的流量传感器，则使用点1处的压力 p 和温度 θ 测量值，按 ISO4391 中相应的公式进行计算。在泄油管路中测量的流量、压力和温度不在公式中使用。

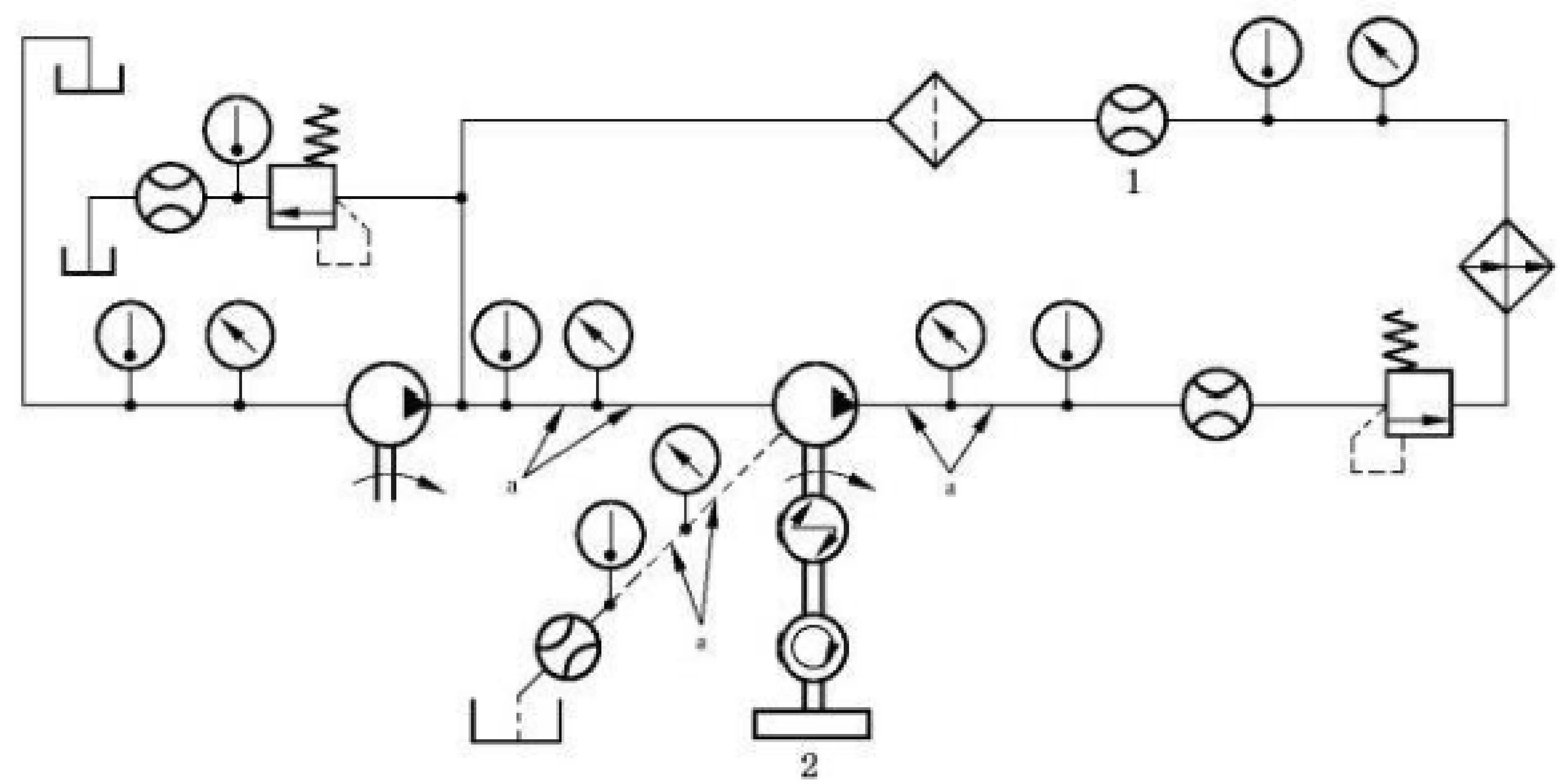


标引序号说明：
1——可选位置；
——驱动装置。
管子长度见5.1.1。

图 1 泵试验回路(开式回路)

5.2.1.2 闭式试验

试验回路如图2所示，图中所示元件为试验回路必备元件。在这个回路中，补油泵提供的流量略高于回路的总泄漏量，可提供更大流量用于系统冷却。如果使用可选位置的流量传感器，则使用点1处的压力 p 和温度 θ 测量值，按ISO 4391中相应的公式进行计算。在泄油管路中测量的流量、压力和温度不在公式中使用。



标引序号说明：
1——可选位置；
2——驱动装置。
”管子长度见5.1.1。

图 2 泵试验回路(闭式回路)

5.2.2 进口压力

在每次试验中，应按制造商的规定，保持进口压力在允许范围内恒定(见表4)。如需要，试验可在不同的进口压力下进行。

5.2.3 试验测量

记录以下测量数据：

- a) 输入转矩；
- b) 出口流量；
- c) 泄漏流量(如适用)；
- d) 油液温度。

在恒定转速(见表4)和若干输出压力下，测出一组数据，以便在出口压力的整个范围内给出具有代表性的泵性能参数。

在其他转速时，重复5.2.3 a)~d) 的测量，在转速的整个范围内给出具有代表性的泵性能参数。

5.2.4 变排量

在最大排量值和要求的其他排量值(如最大排量的75%、50%及25%)下进行完整的测试。对于变量机构，该测试需要检测和记录位移传感器的位置，以确保其在测试过程中不发生变化。如果使用斜盘式装置，可通过位移传感器测量位置来记录摆角。记录的是摆角而不是位移传感器测量的位置。

对每一个排量设定值，都应给出试验指定的最小转速、最小出口压力下所要求的流量百分比。

5.2.5 反向流动

双向泵应对两种流动方向进行试验。

5.2.6 非整体式补油泵

如果被试泵配套一个补油泵，而且功率输入能够分别测量，则每个泵应单独试验并给出结果。

5.2.7 全流量整体式补油泵

如果补油泵与主泵成整体，使功率输入无法分别测量，且补油泵提供主泵的全部流量，则两个泵应作为一个整体元件来处理并相应地给出结果。

注：所测得的进口压力是补油泵的进口压力。

对于外置式补油泵应测量和记录多余流量。

5.2.8 部分流量整体式补油泵

如果补油泵与主泵成整体，使功率输入无法分别测量，但补油泵仅向主泵的液压回路供给一部分流量而其余部分旁通或用于某些辅助用途(如冷却循环等)，应测量并记录来自补油泵的流量。

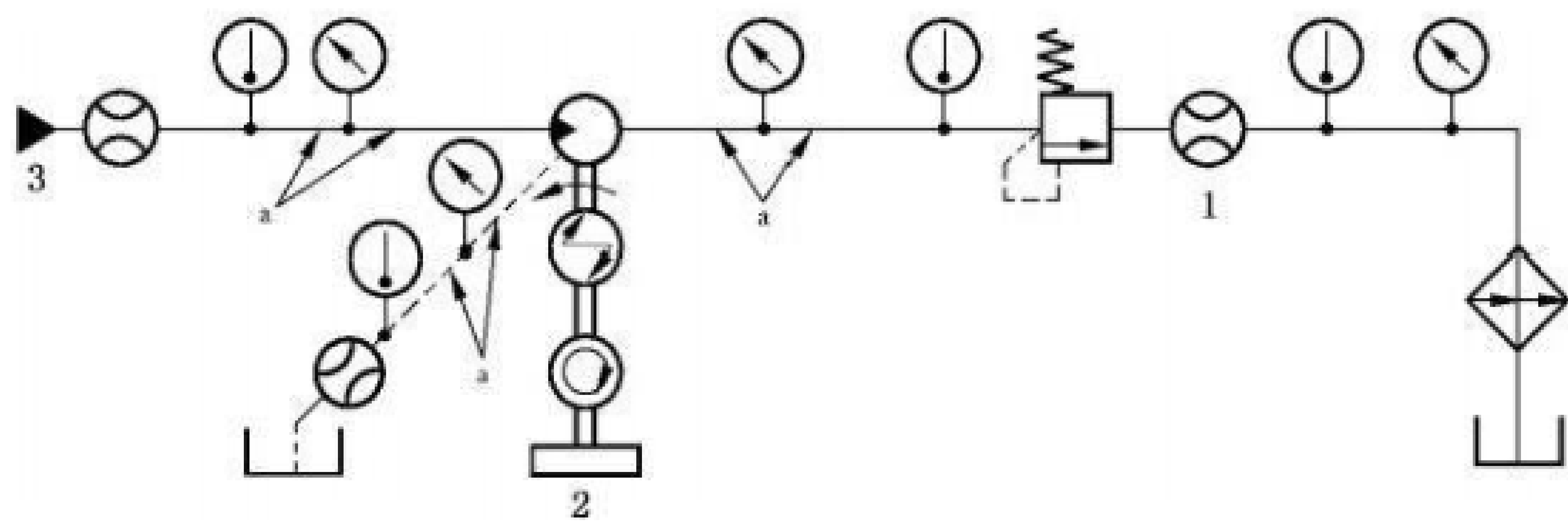
5.3 马达试验

5.3.1 试验回路

试验回路如图3所示，图中所示元件为试验回路必备元件。

流量测量时，流量传感器宜安装在图3所示的进口高压处标准位置。如果安装在可选位置处，使用点1处的压力 p 和温度 θ 测量值，按ISO 4391中相应的公式和符号进行计算。计算流量时，宜测量泄

漏流量，使用泄油管中测量的压力、温度，按同样的公式计算泄漏流量。



标引序号说明：
1——可选位置；
2——负载；
3——油源。
“管子长度见5.1.1。

图 3 马达试验回路

5.3.2 出口压力

控制马达的出口压力(例如用压力控制阀),其变化范围符合表4的要求，并在整个试验过程中保持出口压力的恒定。
此出口压力应满足不同的应川要求及符合制造商的推荐。

5.3.3 试验测量

- 记录下列测量值：
- a) 进口流量；
 - b) 泄漏流量(如适用)；
 - c) 输出转矩；
 - d) 油温。

在马达的转速范围内和不同的进口压力下测试，给出进口压力范围内具有代表性的马达性能曲线。

5.3.4 变排量

按最大排量值和最小排量值及要求的其他排量值(如最大排量的75%、50%和25%)进行试验。
按马达在最小排量、最高转速条件确定进口流量。在零输出转矩下按相同的进口流量调节变量机构，获得马达的输出转速。

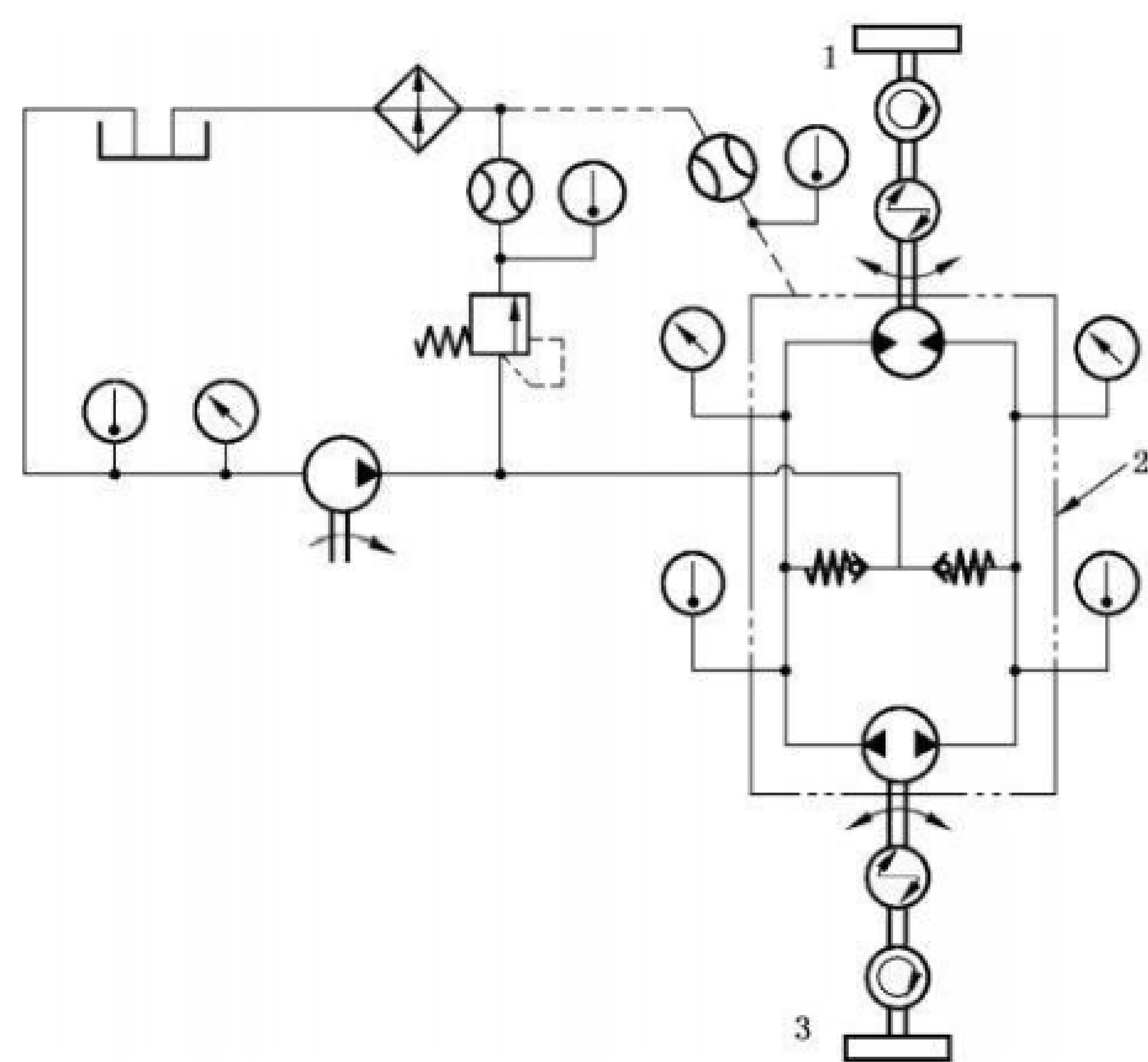
5.3.5 反向旋转

双向马达，应对两个旋转方向进行试验。

5.4 整体传动装置的试验

5.4.1 试验回路

试验回路按图4, 图中所示元件为试验回路必备元件。



标引序号说明：
1——负载；
2——整体传动箱；
3——驱动装置。

图 4 整体传动装置试验回路

5.4.2 试验测量

在最大排量及规定的转速下，测试以下项目：

- a) 输入转矩；
- b) 输出转矩；
- c) 输出转速；
- d) 试验压力；
- e) 试验油液温度(如适用)。

在规定的输入转速下，按制造商推荐的功率范围进行测试。

在表4规定的范围内，按照5.4.2a)~e) 在不同的输入转速下重复测量。

如果泵是变量式的，则在马达排量最大情况下，以泵最大排量的75%、50%、25%按照5.4.2a)~e) 重复测量。

泵的排量按照马达空载，排量最大情况下，调整泵排量，使输出转速达到最大转速的相应比值来确定。

如果马达是变量式，在马达为最小排量时按照5.4.2a)~e) 重复测量。

5.4.3 补油泵

如果补油泵与该传动装置的泵成整体并由同一输入轴驱动，则应作为一个整体元件来处理并应在试验结果中注明这个情况。

如果补油泵被单独驱动，则所需功率应从传动装置的性能中扣除并应在试验结果中注明这个情况。

5.4.4 反向旋转

双向整体传动装置，应对两个旋转方向进行试验。

6 结果的表达

6.1 通则

所有试验测量及导出的计算结果应由试验机构列成表格并以图形表示。

6.2 泵的试验

6.2.1 恒定转速下泵的试验

在恒定转速下试验的泵，应对有效出口压力(p_2) 绘制与下列各项的关系曲线：

- a) 容积效率；
- b) 总效率；
- c) 有效出口流量；
- d) 有效输入机械功率。

另外，应记录表5中的参数。

表 5 恒定转速下泵测试的参数

参 数	结 果	单 位
所用试验油液		—
泵进口处油温		℃
环境温度		℃
试验油液的运动黏度		$\text{m}^2 \text{s}^{-1}$
试验油液的密度		kg m^{-3}
泵有效进口压力		Pa
泵全排量百分比		%
泵的转速		s^{-1}

泵性能与有效出口压力关系如附录C 中图C.1 所示。

6.2.2 不同恒定转速下泵的试验

泵在一系列恒定转速下进行试验，针对不同的有效出口压力的结果，应按6.2.1给出或绘制转速与下列各项的关系曲线：

- a) 容积效率；
- b) 总效率；
- c) 有效出口流量；
- d) 有效输入机械功率。

另外，应记录表6中的参数。

表 6 不同恒定转速下泵测试的参数

参 数	结 果	单 位
所用试验油液		—
泵进口处油温		℃
环境温度		℃
试验油液的运动黏度		m ² s ⁻¹
试验油液的密度		kg m ⁻³
泵有效进口压力		Pa
泵全排量百分比		%
泵有效出口压力		Pa

性能与转速关系如图C. 2 所示。

6.3 马达试验

针对不同的有效进口压力 $p_{1,c}$ 进行马达试验，结果应绘制成曲线，表示以下各项与转速 n 的关系：

- a) 容积效率；
- b) 总效率；
- c) 有效进口流量；
- d) 输出转矩。

另外，应记录表7中的参数。

表 7 马达测试参数

参 数	结 果	单 位
所用试验油液		—
马达进口处油温		℃
环境温度		℃
试验油液的运动黏度		m ² s ⁻¹
试验油液的密度		kg m ⁻³
马达全排量百分比		%
马达有效出口压力		Pa

马达性能与转速关系如图C.3 所示。

6.4 整体传动装置测试

传动装置应在一个恒定的输入转速(恒定的输入功率)下进行测试，并且应绘制出总效率 η_t 与输出转速 n_2 的关系图。

在三种不同的有效输出功率 P_2 ，下进行测试，绘制出转速比 Z 与有效泵出口压力 p_2 的关系图。

另外，应记录表8中的参数。

表 8 恒定输入转速(恒定输入功率)下整体传动装置的测试参数

参 数	结 果	单 位
所用试验油液		—
马达进口处油温		℃
环境温度		℃
试验油液的运动黏度		m ² s ⁻¹
试验油液的密度		kg m ⁻³
有效输入转速		s ⁻¹
有效输出功率		W
泵全排量百分比		%
试验时马达总排量百分比		%

总效率与输出转速关系如图C.4 所示。

7 标注说明

当选择遵守本文件时，宜在试验报告、产品目录和销售文件中作下述说明：

“稳态性能数据的测定和表达符合 GB/T 17491—2023《液压传动 泵、马达 稳态性能的试验方法》”。

附录 A
(规范性)
误差和测量准确度等级

A.1 测量准确度等级

根据准确度的不同要求，试验应根据有关各方的商定按 A、B或 C 三种测量准确度等级之一来进行。

注：等级A和B用于需要比较准确地确定性能的特殊场合。

注意，等级 A 和 B 试验要求比较准确的仪器和方法，增加了这类试验费用。

A.2 误差

通过校准或与国际标准对照，证明使用的测量装置或方法测出的数值，其系统误差不超过表A.1中所给出的范围。

表 A.1 测量仪器允许的系统校准误差

测量仪器的参数	测量准确度等级允许的系统误差		
	A	B	C
转速/%	±0.5	±1.0	±2.0
转矩/%	±0.5	±1.0	±2.0
体积流量/%	±0.5	±1.0	±2.5
压力/MPa(当p<0.15)	±0.001	±0.003	±0.005
压力/MPa(当p≥0.15)	±0.05	±0.15	±0.25
温度/℃	±0.5	±1.0	±2.0
机械功率/%		——	±4.0
注1:百分数范围适用于被测量的值而不适用于试验的最大值或仪器的最大读数。			
注2:仪器读数的平均指示值可能与被测量的真实平均绝对值不同，这是由于仪器的固有和结构上的限制以及校准的限制所致；这种不确定性的来源称为“系统误差”。			

A.3 误差合成

计算功率或效率时，所涉及的误差合成可用均方根法求出。

例如：

$$\frac{\delta \eta_i}{\eta_i} = \sqrt{\left(\frac{\delta q_v}{q_v}\right)^2 + \left(\frac{\delta p}{p}\right)^2 + \left(\frac{\delta n}{n}\right)^2 + \left(\frac{\delta T}{T}\right)^2}$$

上面所用的系统误差 δ q_v、δ p、δ n 和 δ T 乃是仪器的系统误差，而不是表 A.1 中所给出的最大值。更准确的综合误差见参考文献[8]。

附 录 B
(资料性)
试验前核对清单

以下是用来选择适当项目的核对清单，建议在试验之前由有关各方就这些项目进行协商(并不总是需要对所有这些项目进行协商)：

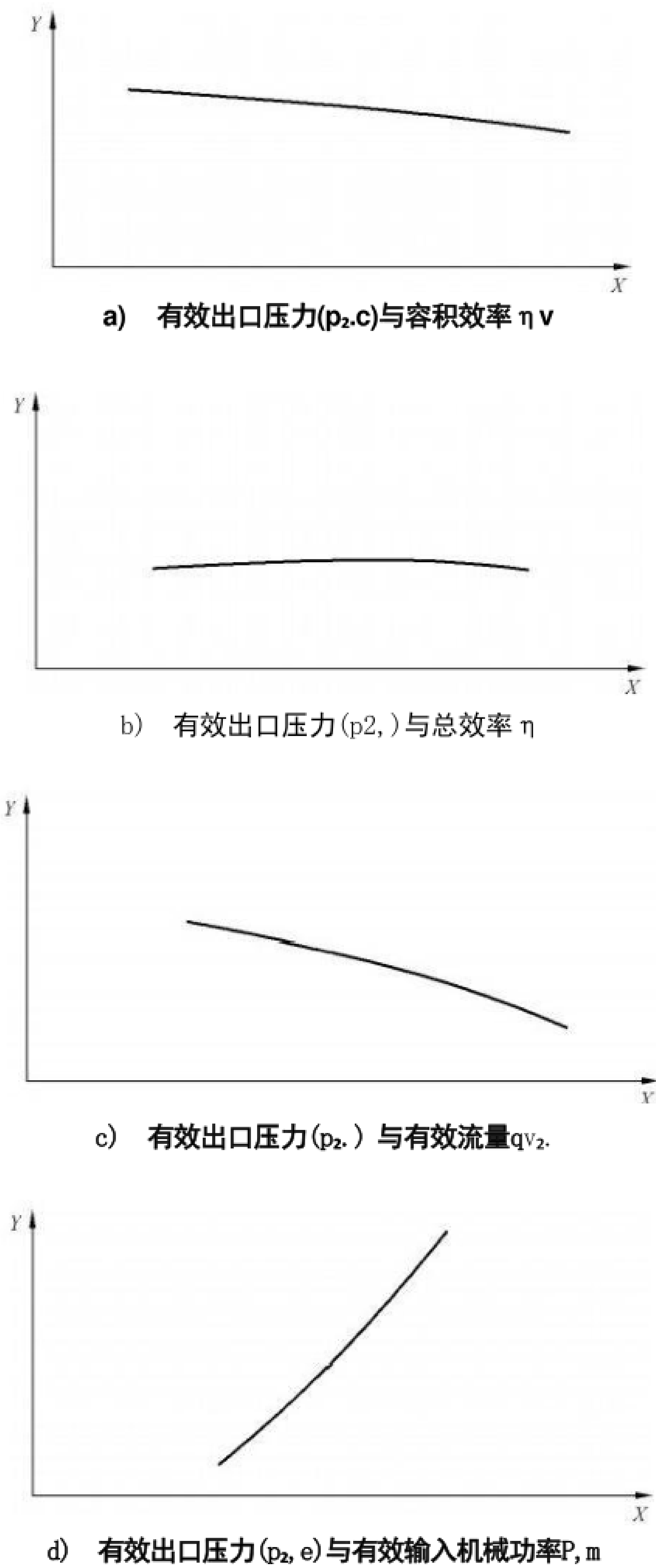
- a) 制造商名称；
- b) 制造商的标识(型号、系列号)；
- c) 制造商的元件名称；
- d) 轴的旋转方向；
- e) 试验回路；
- f) 制造商的安装连接要求；
- g) 试验中所用的过滤装置；
- h) 压力测点的位置；
- i) 在计算中考虑的管路压力损失；
- j) 试验前的条件；
- k) 试验用油液(名称和说明)；
- l) 在试验温度下试验用油液的运动黏度；
- m) 在试验温度下试验用油液的质量密度；
- n) 试验用油液的等温平均体积弹性模量；
- o) 试验用油液的体积热膨胀系数；
- p) 试验用油液的温度；
- q) 壳体允许的最高压力；
- r) 泵的进口压力；
- s) 试验时的转速；
- t) 试验压力值；
- u) 变量时的百分比排量；
- v) 反向流动要求；
- w) 补油泵资料；
- x) 马达的出口压力；
- y) 反向旋转要求；
- z) 结果的表达；
- aa) 测量准确度等级。

附录 C
(资料性)
报告测试数据的建议格式

表 C.1 用于显示泵或马达性能数据的建议图表

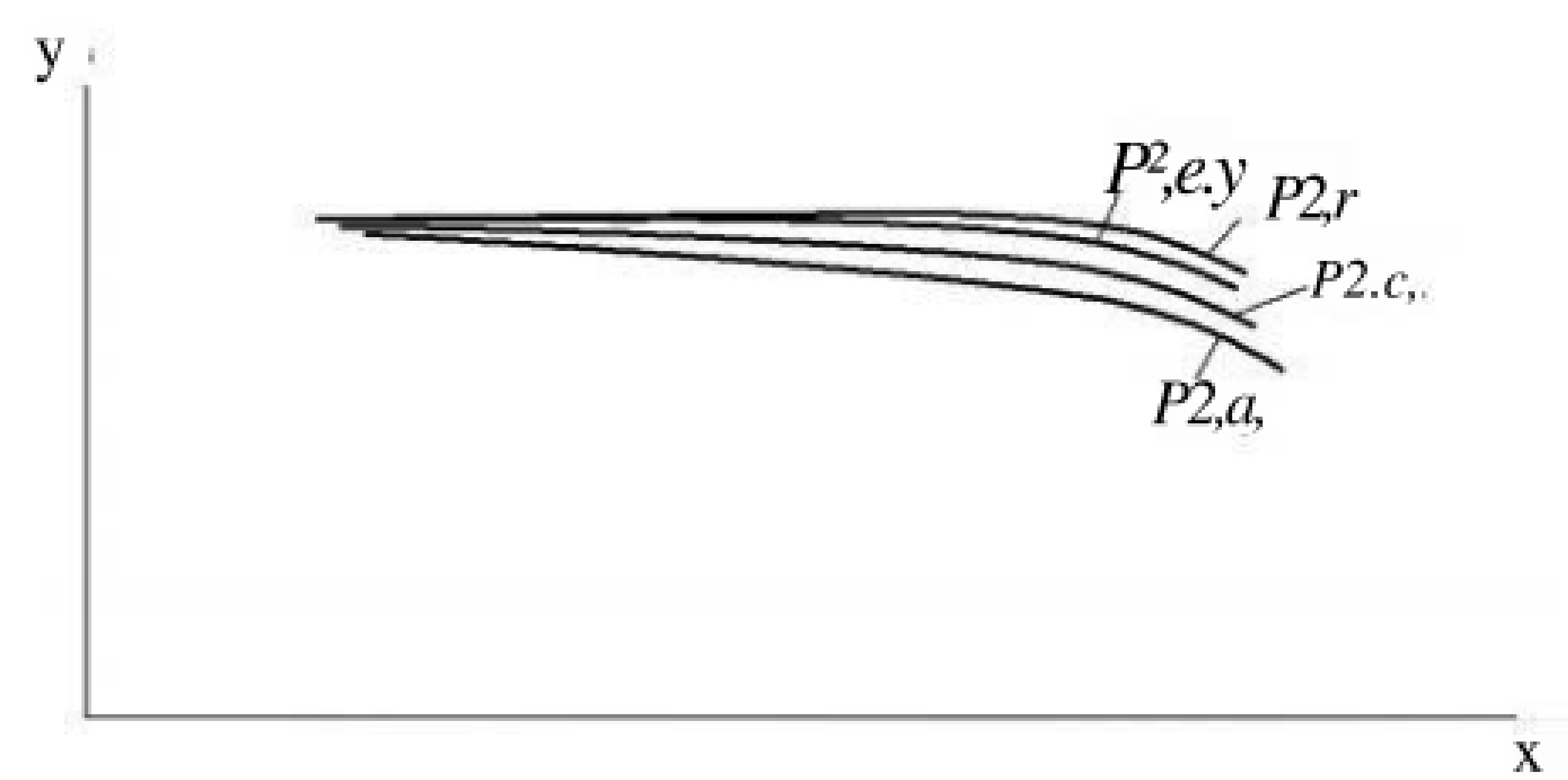
排量 (单位)	工作压力 (单位)						
	压力1	压力2	压力3	压力4	压力5	压力6	压力7
工作流量 (单位)							
流量1	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)
	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)
流量2	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)
	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)
流量3	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)
	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)
流量4	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)
	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)
流量5	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)
	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)
流量6	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)
	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)
流量7	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)
	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)
流量8	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)	轴转矩 (单位)
	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)	轴转速 (单位)

可使用类似于表C.1 中所示的图表以数字形式显示测试数据。在此表中，排量(或可变排量单元的全排量百分比)记录在表格的左上角；测试压力记录在表的第一行；测试流量记录在表左侧的第一列中；轴转矩和轴转速的测量值分别记录在每个单元格中，分别对应于测试压力和测试流量。

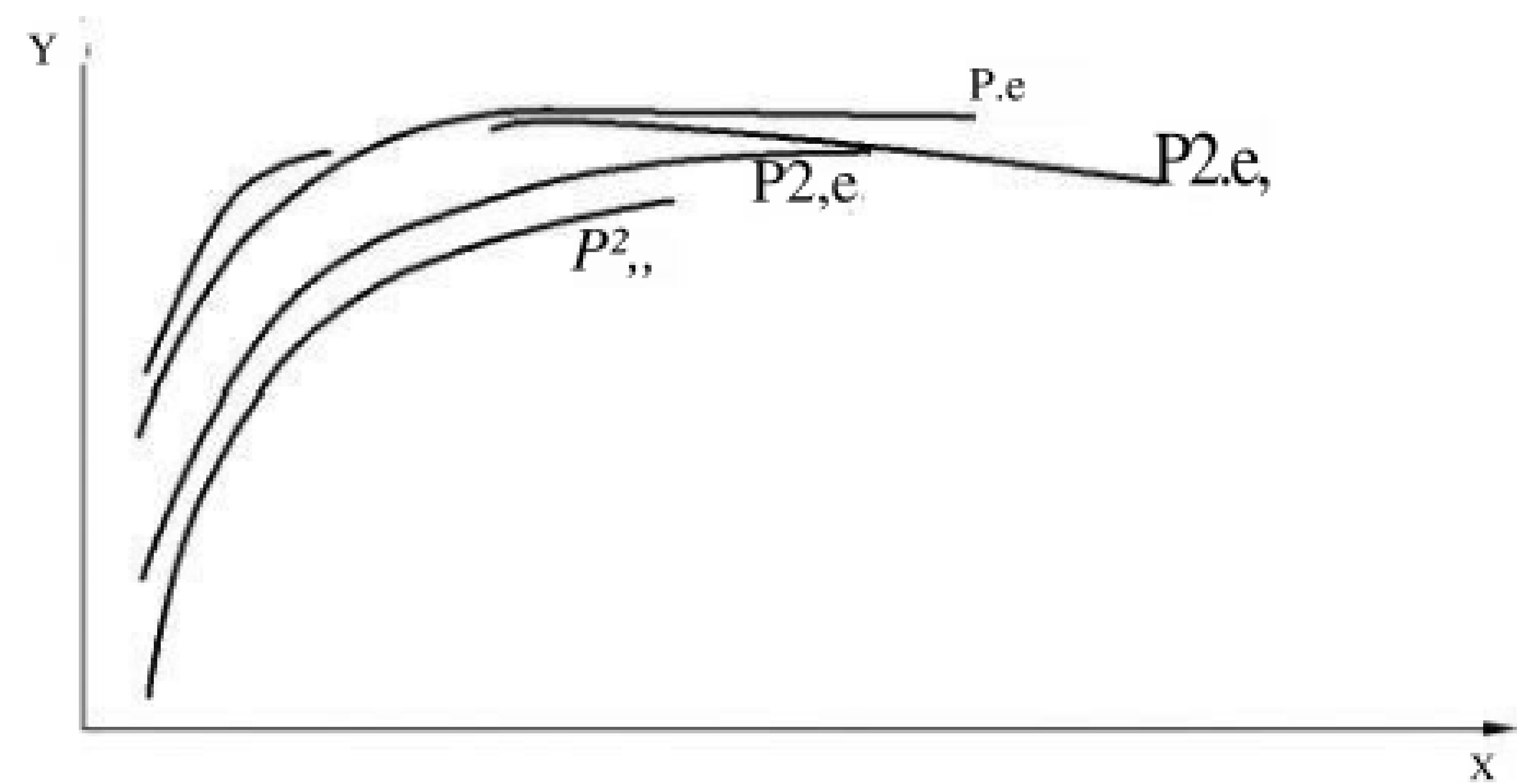


标引符号说明：
X——有效出口压力 $p_{2,}$;
Y——a)容积效率 η_v ;b) 总效率 η ;c)有效出口流量 $q_{v2,}$;d) 有效输入机械功率 $P_{i,m}$ 。

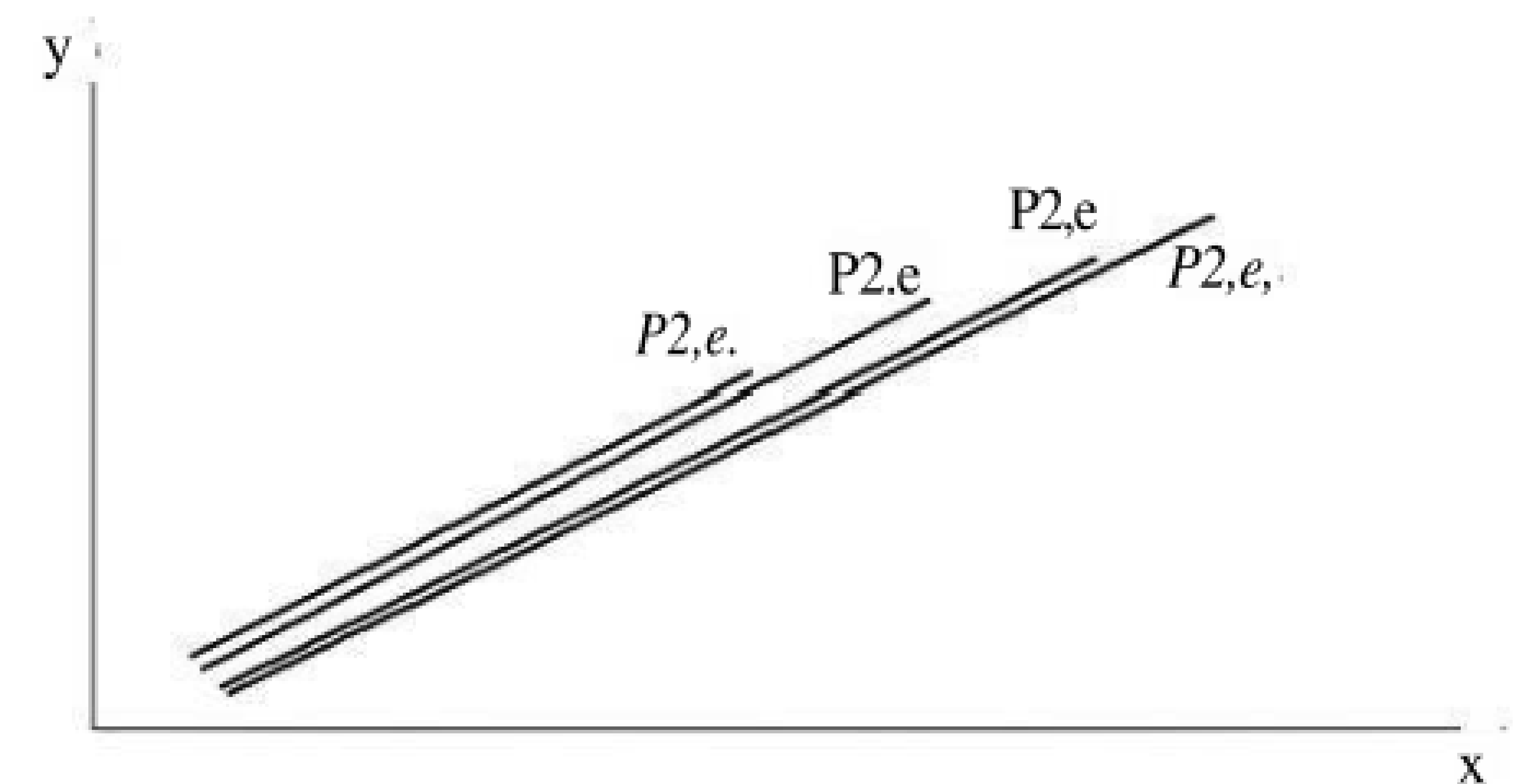
图 C.1 泵性能与有效出口压力的关系图



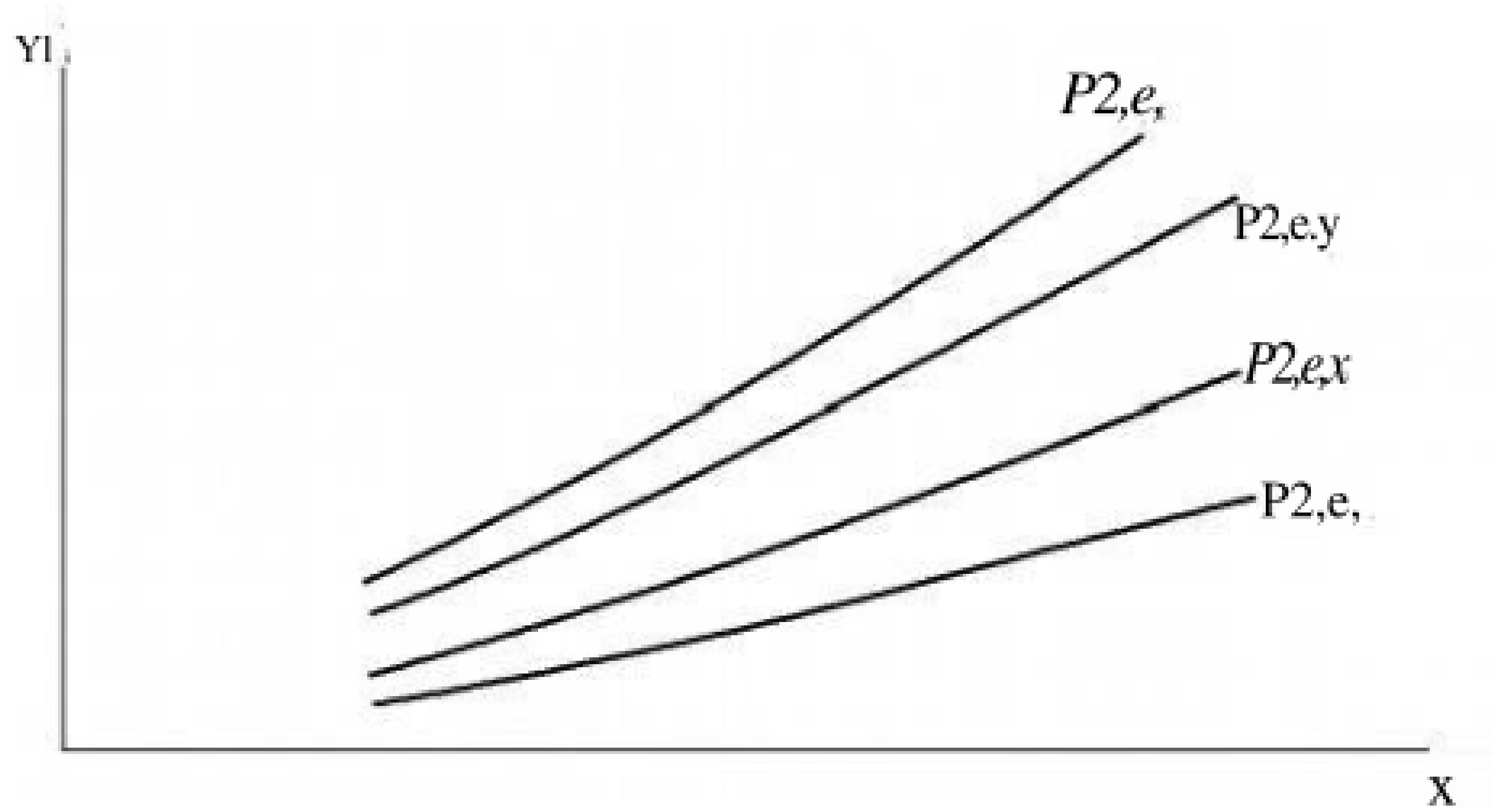
a) 转速n 与容积效率 η_v



b) 转 速n 与总效率 η



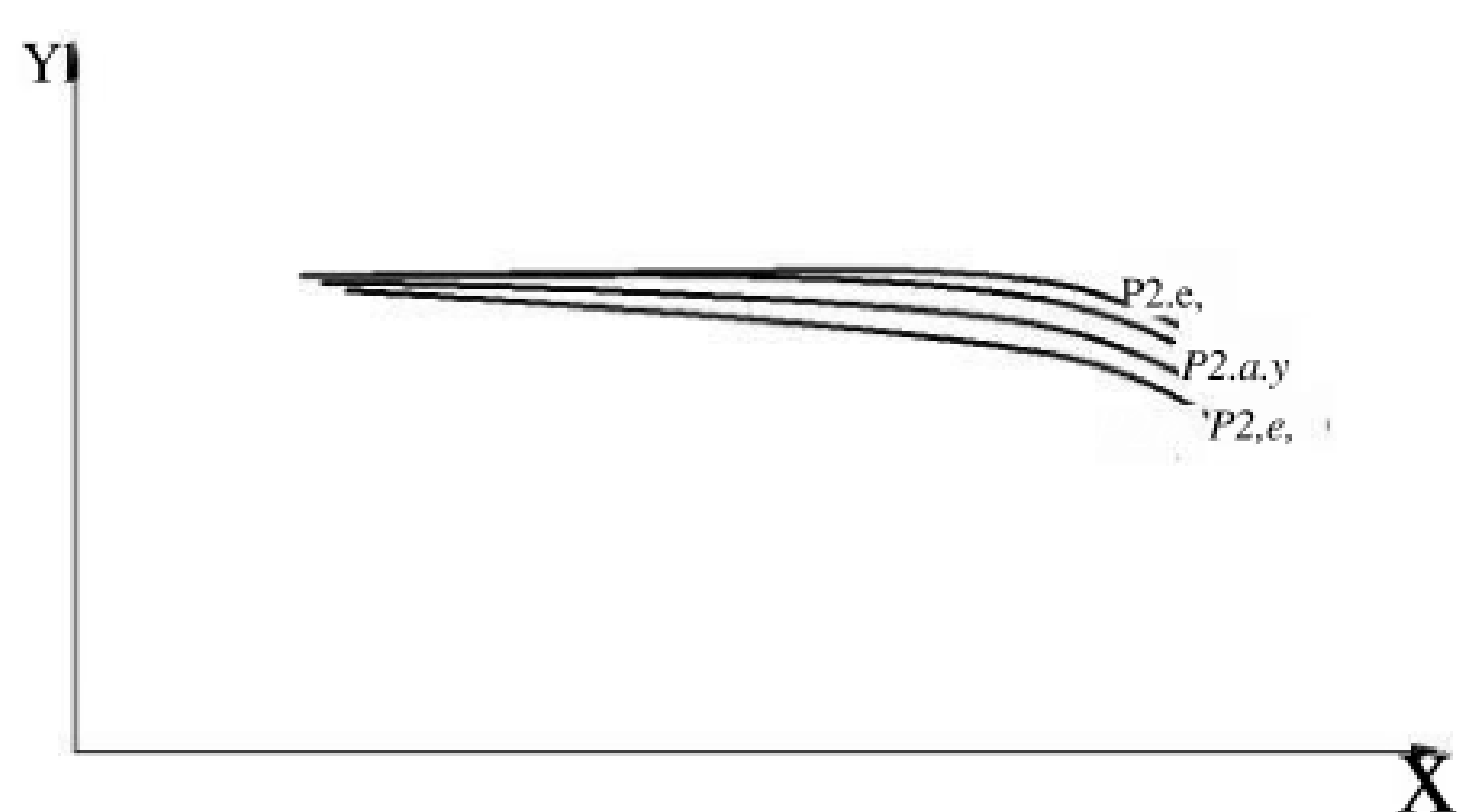
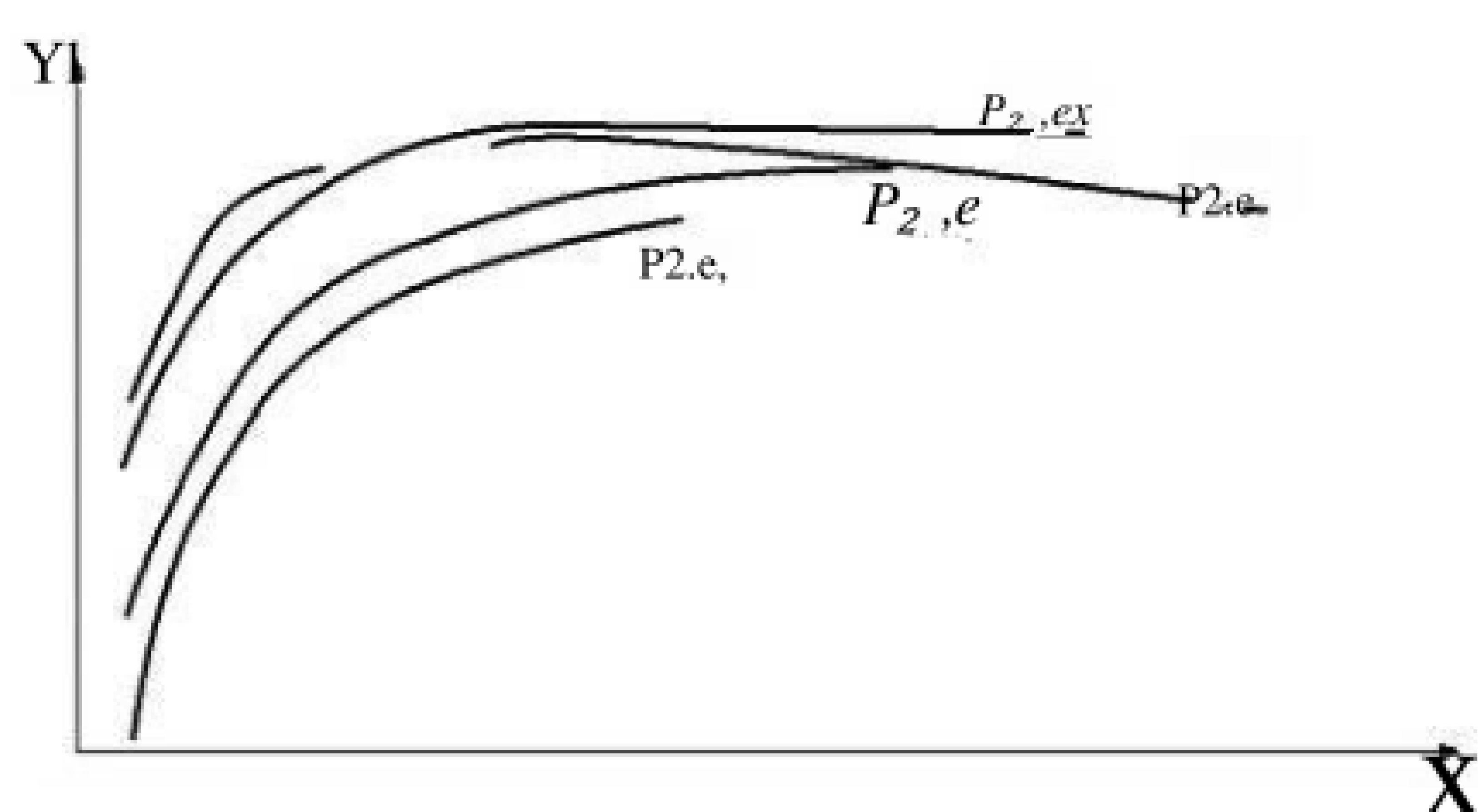
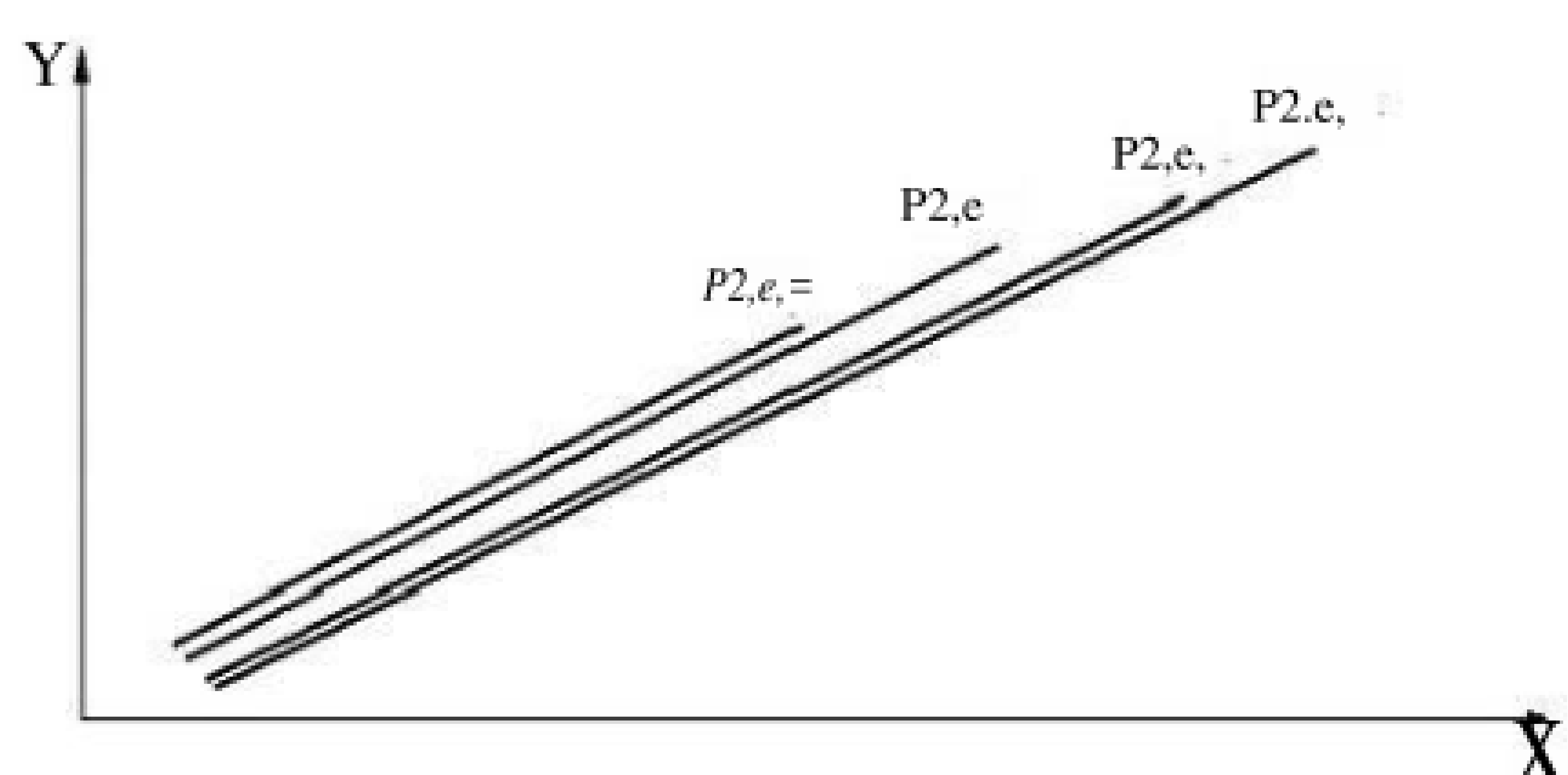
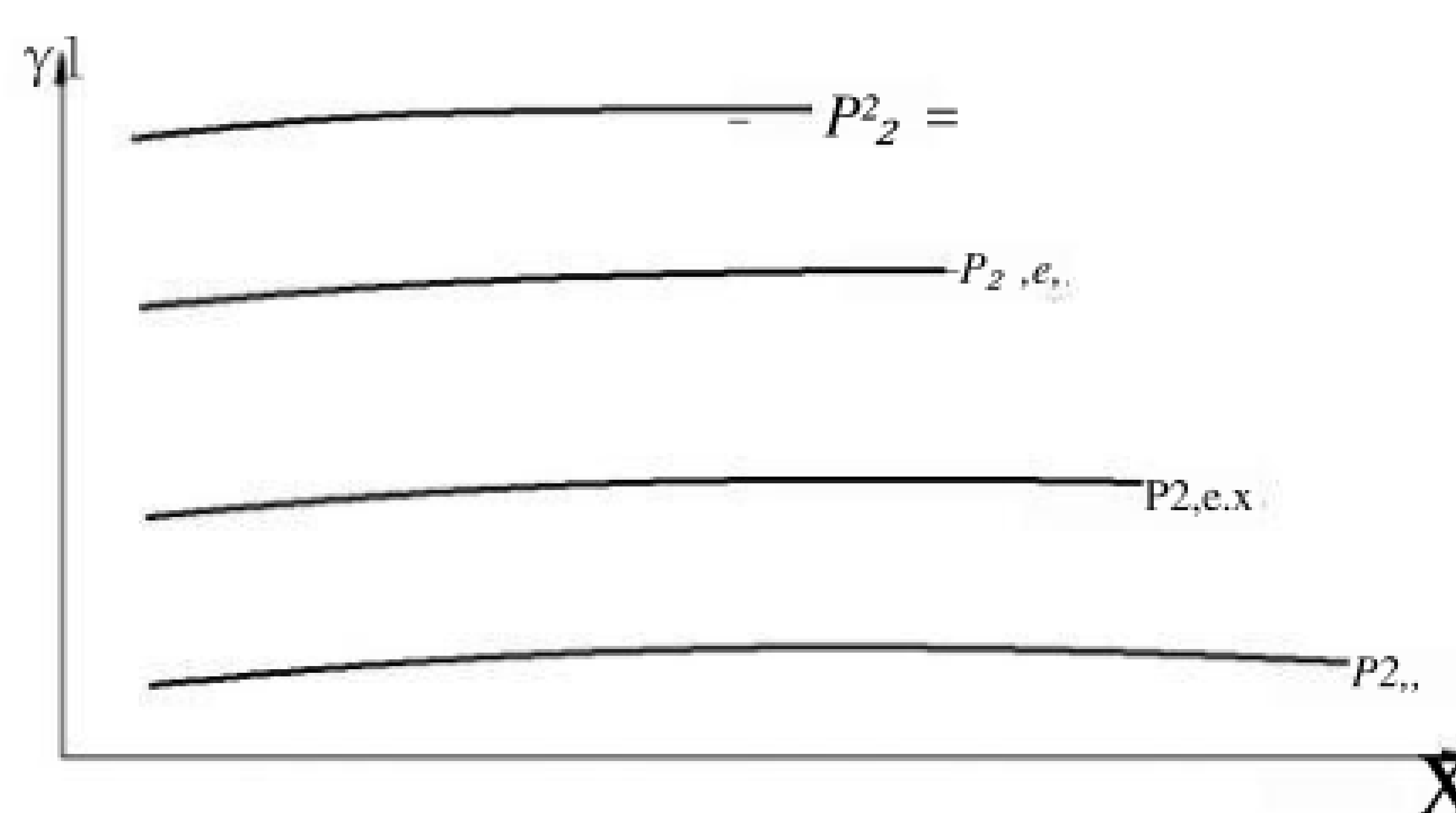
c) 转速n 与有效出口流量 q_v .



d) 转速n 与输入机械功率 P_{1m}

标引符号说明:
X —— 转速n;
Y —— a)容积效率 η_v ;b) 总效率 η ;c)有效出口流量 $q_{v,e}$;d)有效输入机械功率 $P_{i,m}$ 。

图 C.2 泵性能与转速的关系图

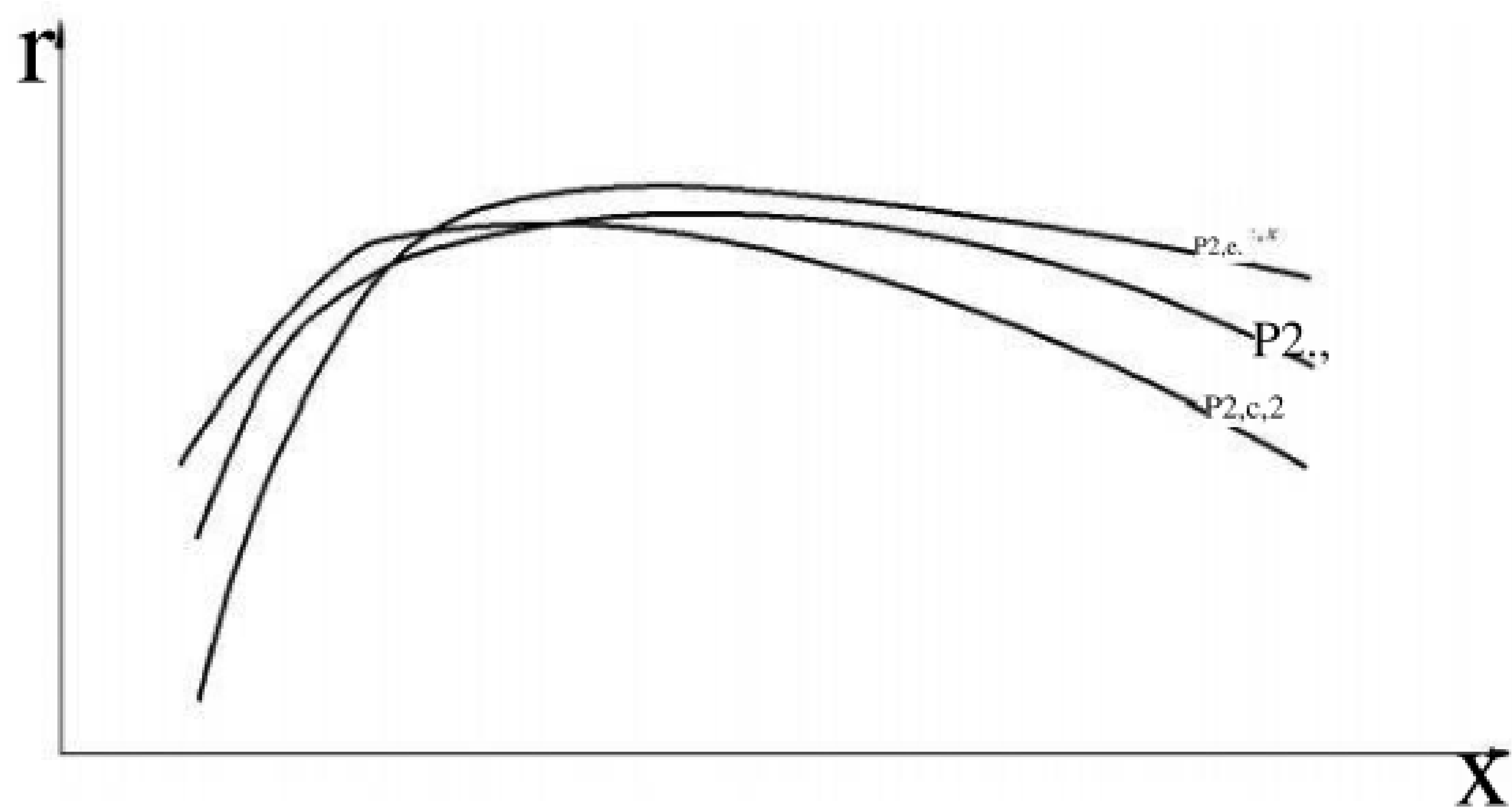
a) 转速 n 与容积效率 η_v b) 转速 n 与总效率 η_t c) 转速 n 与有效出口流量 q_{v2} d) 转速 n 与输出转矩 T

标引符号说明:

X —— 转速 n ;

Y —— a)容积效率 η_v ; b) 总效率 η_t ; c) 有效出口流量 q_{v2} ; d) 输出转矩 T 。

图 C.3 马达性能与转速的关系图



标引符号说明:
X——输出转速 n_2 ;
Y——总效率 η_1 。

图 C.4 整体传输性能

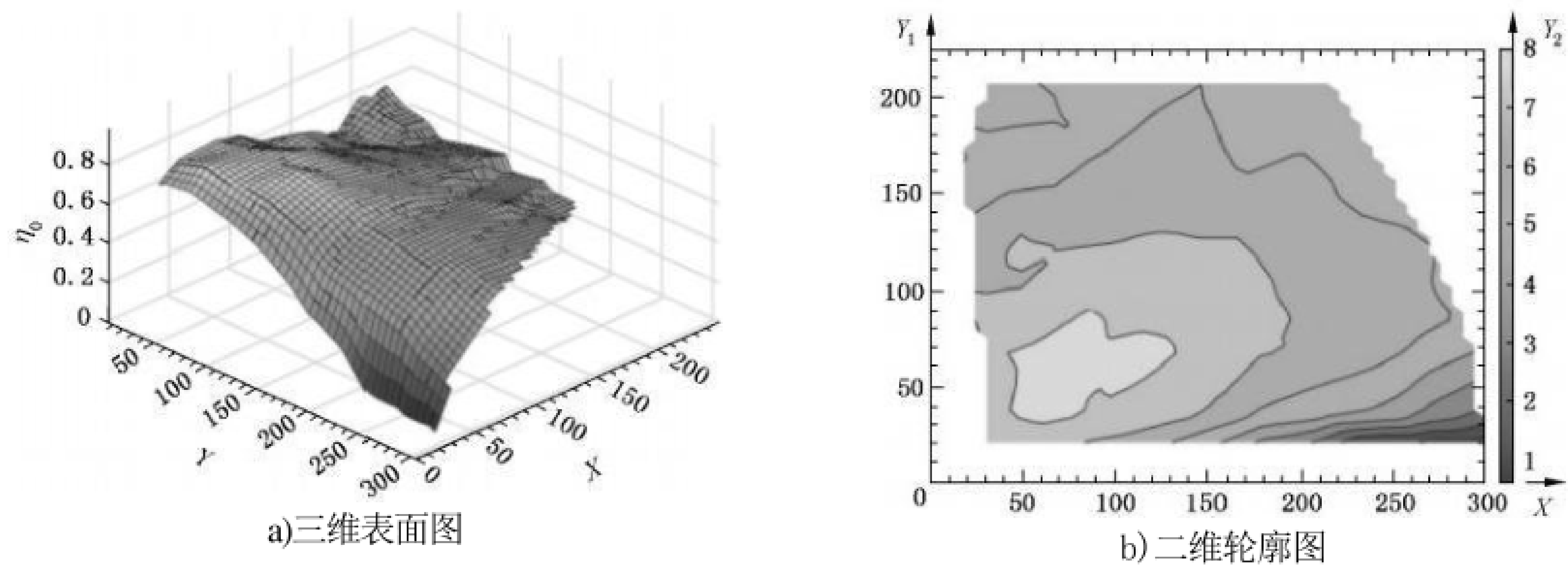
采用建议的算法来处理和绘制收集到的数据。
将测试数据以单独的列(向量)加载到程序中。对于泵，此数据宜包括轴转速、出口压力、出口流量、测量转矩。

使用ISO 4391中的相应公式创建一个新的向量，以计算效率(机械、容积、总体)。

创建网格可视化效率图：

- 根据测得的测试点数确定所需的分辨率；
- 使用测试数据和选定的分辨率创建线性间隔的矢量；
- 使用上面创建的三个线性间隔的向量的组合来创建网格(表面图)。

使用生成的网格在3-D 或等高线图2-D 中创建表面图。



标引符号说明:
X ——a)压力, b)轴转速;
Y ——轴转速;
Y₁ ——压力;
Y₂ ——总效率。

图 C.5 液压马达总效率的表面图和轮廓图

参 考 文 献

- [1]ISO 2909 Petroleum products—Calculation of viscosity index from kinematic viscosity
- [2]ISO3448 Industrial liquid lubricants—ISO viscosity classification
- [3] ISO 3675 Crude petroleum and liquid petroleum products—Laboratory determination of density—Hydrometer method
- [4]ISO 6743-4 Lubricants,industrial oils and related products(class L)—Classification—Part 4:Family H(Hydraulics systoms)
- [5]ISO 11158 Lubricants,industrial oils and related products(class L)—Family H(hydraulics systems)—Spfications for catcgories HH,HL,HM,HV and HG
- [6] ISO 80000-1 Quantities and units—Part 1:General
- [7] ISO 80000-4 Quantities and units—Part 4:Mechanics
- [8]Vocabulary of Legal Metrology—Fundamental Terms